

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-053487

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

H05K 9/00

H01Q 17/00

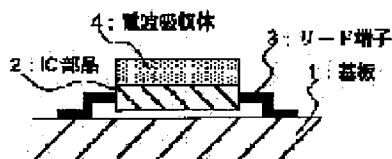
(21)Application number : 11-230373

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 17.08.1999

(72)Inventor : OKAYAMA KATSUMI

## (54) WAVE ABSORBER



## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the radio wave absorbing ability of a wave absorber by making the absorber have high magnetic permeability in a high-frequency band by constituting the absorber of a mixed body of magnetic particles containing iron nitride and a coupling material.

SOLUTION: A paste-like material is prepared by mixing, for example, 50-90 wt.% flat or discoid fine Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> particles manufactured through a thin film process with 50-10 wt.% coupling material composed of an epoxy resin, phenol resin, etc. Chloroprene rubber, silicone rubber, etc., can also be used as the coupling material. When the coupling material is used, a uniform diffused state is obtained, because the packing ratio is increased and the agglomeration of the particles is prevented. The thin film process includes the vacuum deposition, sputtering, CVD, molecular beam epitaxial growth, etc.

When an IC module 2 is constituted, a desired conjugated material (mixed material) 4 is obtained by screen-printing the paste on a substrate 1 by using a mask and curing the paste at about 100-300° C (variable depending upon the resin).

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A wave absorber, wherein said magnetic substance particles contain iron nitride in a wave absorber which consists of a mixture of magnetic substance particles and a charge of binding material.

[Claim 2]The wave absorber according to claim 1, wherein said charge of binding material consists of resin materials.

[Claim 3]The wave absorber according to claim 1, wherein said mixture is formed in paste state, a sheet shaped, or film state.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to a wave absorber. It is related with the wave absorber which consists of a mixture of magnetic substance particles and the charge of binding material in more detail.

[0002]

[Description of the Prior Art]In electronic equipment or communication equipment, stop the spurious radiation from IC etc. or. The electric wave from the outside used as disturbance, the electric wave revealed from an inside, etc. are absorbed, and the wave absorber is used as a measure against EMI (Electromagnetic Interference) for aiming at the function which prevented the noise and the electromagnetic interference and was stabilized.

[0003]Such a wave absorber consists of a mixture of magnetic-substance-powder particles and media, such as an organic binding material which distribute this and is combined, covers the portion which emits the electromagnetic waves of electronic parts etc. by this mixture, and aims at prevention of electromagnetic compatibility. As magnetic substance particles which constitute the wave absorption material of such a wave absorber, the flat metal soft magnetism particles of a of about [ saturation magnetization 0.3–1.0T ] MnZn ferrite and NiZn ferrite, FeSi, or FeSiAl system were used conventionally.

[0004]The spinel ferrite used as such a wave absorption material, a hexagonal ferrite, or metal flat particles, All are soft magnetic materials and constitute the noise suppression object of an EMI measure, and the electromagnetic wave absorber for the measure against a ghost of communication equipment, such as television, using the energy-absorbing by magnetic loss.

[0005]The value of the saturation magnetization of the magnetic body in such a use was about 1T in the spinel ferrite at 0.3–0.5T, and a metallic magnetic substance. Since the resonance of rotation magnetization

takes place on high frequency so that saturation magnetization is high, the wave absorber of high magnetic permeability and high frequency is obtained.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the conventional wave absorber, saturation magnetization is about 1T or less than it, and the wave absorber with high saturation magnetization which exceeds 2T is not developed. Therefore, in the high frequency of a GHz band etc., high amplitude permeability was not obtained, when it was going to heighten absorptance, thickness of the absorber had to be thickened and a compact wave absorber structure was not acquired with a thin shape.

[0007]This invention is a thing in consideration of the above-mentioned conventional technology, and is \*\*\*\*. The purpose is offer of the wave absorber which made high saturation magnetization of the magnetic substance particles which are material, realized high amplitude permeability in the high frequency band, and heightened wave absorption capability.

[0008]

[Means for Solving the Problem]In order to attain said purpose, in this invention, said magnetic substance particles provide a wave absorber containing iron nitride in a wave absorber which consists of a mixture of magnetic substance particles and a charge of binding material.

[0009]According to this composition, by using iron nitride ( $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ ) which has the highest saturation magnetization among a magnetic body, high amplitude permeability in high frequency is obtained, and a good wave absorption operation in a high frequency band up to about 10 GHz is attained. Charges of binding material are the various media for holding unitedly while distributing magnetic substance particles.

[0010]In a desirable example of composition, said charge of binding material is characterized by consisting of resin materials.

[0011]According to this composition, magnetic substance particles can be easily distributed uniformly by selection of a resin material, adjustment of the mixing ratio, etc., various kinds of shape and a mixture of a state can be formed, and usability as a wave absorber is improved.

[0012]In a still more desirable example of composition, said mixture is characterized by being formed in paste state, a sheet shaped, or film state.

[0013]According to this composition, it becomes applicable to a subject of various shape, electronic parts of a size, etc. by applying a paste state mixture to IC etc., or covering IC, a circuit pattern, etc. by a mixture of a sheet shaped or film state.

[0014]A principle of this invention which attains said purpose is explained below. A magnetic body will be magnetized by magnetization mechanisms, such as movement of a magnetic domain wall or rotation magnetization, if a high-frequency field is generally impressed to a magnetic body. At this time, the amplitude permeability  $\mu$  which is magnetized and shows easy is expressed with the following formula (1).

[0015]

[Equation 1]

$$\mu = \mu' - j \cdot \mu'' \quad \text{---- (1)}$$

[0016]Here,  $\mu'$  is the real part of amplitude permeability and expresses the ingredient which can follow an

external magnetic field. On the other hand,  $\mu''$  is an imaginary part of amplitude permeability, it cannot follow an external magnetic field, but expresses the ingredient which was in the phase 90 degrees, and is called the loss paragraph of amplitude permeability.

[0017] Absorption of radio energy is expressed by the following formula (2) in a magnetic body.

[0018]

[Equation 2]

$$P = \frac{1}{2} \omega \mu_0 \mu'' |H|^2 \quad \text{---- (2)}$$

[0019] However, P; wave absorption energy,  $\omega$ ; angular frequency,  $\mu_0$ ; space permeability, H; it is magnetic field strength.

[0020] In a formula (2), when absorbed energy P becomes the largest, it is a time of  $\mu''$  which is a loss paragraph of amplitude permeability becoming the maximum.

[0021] A close relation between the real part of amplitude permeability and an imaginary part is, and, as for material with larger real part of amplitude permeability, an imaginary part also becomes large. When a high-frequency field is impressed to a magnetic material and it is magnetized, if the amplitude permeability cannot take a big value freely but becomes high frequency, it is known that amplitude permeability will fall. This is for the marginal principle of the amplitude permeability shown by the formula (3) of the following called the limit of Snake in a ferrite.

[0022]

[Equation 3]

$$f_r (\mu' - 1) = \frac{\gamma}{3\pi\mu_0} I_s \quad \text{---- (3)}$$

[0023] However, the real part of  $f_r$ ; resonant frequency and  $\mu'$ ; amplitude permeability,  $\gamma$ ; gyroscope magnetic constant,  $\mu_0$ ; space permeability,  $I_s$ ; it is saturation magnetization.

[0024] The limit of amplitude permeability is expressed with the following formulas (4) to the magnetic body (for example, Y and Z type ferrite of a hexagonal system) which has field inner magnet mind anisotropy.

[0025]

[Equation 4]

$$f_r (\mu' - 1) = \frac{\gamma \cdot I_s}{3\pi\mu_0} \sqrt{\frac{H_{A2}}{H_{A1}}} \quad \text{---- (4)}$$

[0026] However, anisotropy in an  $H_{A1}$ ; side,  $H_{A2}$ ; it is the anisotropy to C shaft orientations out of a field (for field Naokata).

[0027] There is a marginal rule in amplitude permeability, and amplitude permeability falls and it stops showing an absorption feature on high frequency, as shown in the formula (3) and (4). This situation is shown in drawing 1.

[0028] Drawing 1 shows a limit of Snake in a ferrite. As illustrated, in any of ferrite i-iii, an amplitude

permeability characteristic curve does not appear on the right of a marginal line in Snake (high-frequency side), and amplitude permeability of a ferrite does not cross this marginal line.

[0029]However, when its attention is paid to a formula (3) and the right-hand side of (4) and the saturation magnetization  $I_s$  is high, it turns out that a paragraph of  $\mu' - 1$  becomes large. This shows that a marginal line shown in drawing 1 shifts to the high frequency side (right-hand side). That is, higher frequency will show high amplitude permeability.

[0030]Drawing 2 is the figure which compared application limits of a ferrite and iron nitride. In the above-mentioned formula (3), this figure sets saturation magnetization of a ferrite to 0.3T, calculates saturation magnetization of iron nitride as 2.8T, and illustrates it. Thus, by making saturation magnetization high, it can be used to high frequency, moreover high magnetic loss is acquired, and absorbed energy becomes large.

[0031]Paying attention to this point, iron nitride ( $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  compound) which has the highest saturation magnetization 2.8T in a magnetic body known now is used for this invention as magnetic substance particles of a wave absorber.

[0032]

[Embodiment of the Invention]First, the manufacturing method of  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  and its fundamental character are explained.  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  is produced by the thin film process. This thin film process is methods, such as vacuum deposition, weld slag, CVD (Chemical Vapor Deposition: chemical vapor deposition), and MBE (Molecular Beam Epitaxy: molecular beam epitaxial growth). In this case, flat or disc-like particles can be obtained using a mask. Here, in the particles of flat shape, the above-mentioned formula (3) is applicable. In disc-like particles, since plane anisotropy is realizable, the above-mentioned formula (4) is applicable. When disc-like, an aspect ratio (value which  $\times$ (ed) the diameter by thickness) can be arbitrarily controlled among five to about 100 by changing a mask and a film formation condition. Since the thickness of a magnetic body is a metal soft magnetic material, below its skin depth is desirable. Drawing 3 is a schematic diagram of the disc-like particles of  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  produced by such a method.

[0033] $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  is a compound with the highest saturation magnetization in the magnetic body which has the saturation magnetization 2.8T and is known now. Therefore, though which of the above-mentioned formula (3) or a formula (4) is followed, it is thought that the highest amplitude permeability and frequency characteristic are acquired. If the frequency same also as a value of  $\mu''$  compares, an about 5 to 10 times [ of a ferrite (about / saturation magnetization / 0.3T) ] high value will be obtained, and it will be thought that the amount of wave absorption increases.

[0034]Next, the manufacturing method of a  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  resin complex is explained. It mixes at the weight ratio 50 – 90wt% by using an epoxy resin or phenol resin as a joint medium, and the flat or disc-like  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  particles produced by the above-mentioned thin film process are made into paste state. Chloroprene rubber, silicone rubber, etc. may be used as a joint medium. At this time, by using a coupling agent, a filling factor is made to increase, and since condensation of particles is prevented, a uniform dispersion state is acquired.

[0035]When using an IC module, it screen-stencils by using a mask for a substrate, and becomes a desired complex (mixture) by carrying out a cure at about (it changes with resin) 100–300  $^{\circ}\text{C}$ .

[0036]When considering it as wave absorption parts, it mixes with a powdered epoxy resin etc. at the weight ratio 50 – 90wt%, a little binders, for example, publicly known polyvinyl alcohol etc., are added, and a powder

sample is obtained. Desired parts can be obtained by carrying out the cure of this to predetermined shape at about (it changes with resin) 100–300 °C after compacting. Amplitude permeability also increases as the filling factor of iron nitride increases.

[0037]When considering it as a paint type wave absorber, a coupling agent is used into a medium and it is made to distribute uniformly. A publicly known organic solvent is used as a medium. Since this wave absorber can be uniformly applied to a complicated-shaped part, for example, the rear face of a case, thinly and its magnetic loss is large, the effect which attenuated the high-frequency field easily and was excellent in EMI control is shown.

[0038]Drawing 4 is a figure of the example of use of the wave absorber concerning an embodiment of the invention. Drawing 4 (A) sticks the sheet shaped wave absorber 4 on the upper surface of the IC part article 2 mounted on the substrate 1. The wave absorber 4 in this case forms the mixture of the  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  particles of this invention, and joint media, such as said resin, in a sheet shaped, and cuts and sticks this according to IC part article shape.

[0039]Drawing 4 (B) covers the IC part article 2 mounted on the substrate 1 with the paste state wave absorber 4 including the lead terminal 3. With the wave absorber 4 of the sufficiently larger block like shape of shape than the IC part article 2, drawing 4 (C) is covered so that the IC part article 2 whole may be put. Drawing 4 (D) equips with the wave absorber 4 the penetrated part of the cable 6 of the case 5 which accommodates electronic parts (not shown). In this case, shape retentivity high ceramics may be used as a joint medium of magnetic substance particles.

[0040]It may stick so that the wave absorber of film state (or paste state) may be formed and the circuit pattern of a substrate may be covered as other embodiments (or spreading). A wave absorber may be used as a binder which joins each class of a multilayer board. In this case,  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  particles are mixed for adhesive resin to this as a joint medium, and a wave absorber is formed.

[0041]A wave absorber may be provided in the outer wall of a building etc., a metallic reflection board may be formed in the outside surface, and the spurious radiation electric wave from an inside may be made to absorb effectively. In this case, an impedance match type wave absorber can also be constituted by setting up the thickness of a wave absorber, etc. according to the frequency of the electric wave which should be absorbed. Thereby, the electromagnetic interference of buildings, such as a communication institution, can be prevented effectively.

[0042]Drawing 5 is a figure showing the frequency dependence of the amplitude permeability  $\mu$  of the iron nitride which constitutes the wave absorber of this invention. As mentioned above, the amplitude permeability  $\mu$  consists of combination of real part  $\mu'$  and imaginary part  $\mu''$ , and is expressed with  $\mu = \mu' - j\mu''$ . The example of drawing 5 is a complex with an epoxy resin, and a filling factor is 90wt%. By a diagram, although the resonant frequency  $f_r$  is about 5 GHz, this resonant frequency  $f_r$  can be freely adjusted from hundreds of MHz to about 10 GHz by changing shape, an aspect ratio, etc. of a presentation and heat treatment condition of resin, or  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  particles. If the resonant frequency of a plena type ferrite with the high-frequency characteristic which crosses the limit of Snake now for comparison is shown, In the  $\text{Co}_2\text{-Z}$  type ferrite of a  $\text{Co}_3\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_{41}$  presentation, resonant frequency is 3.7 GHz, In the  $\text{Mg}_2\text{-Y}$  type ferrite of a  $\text{Mg}_2\text{Ba}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{24}$  presentation, resonant frequency is 2.0 GHz. When iron nitride is used as magnetic substance particles, it is possible to obtain the resonant frequency which exceeds these.

[0043]Drawing 6 and drawing 7 are graphs which show EMI depressor effect when an iron nitride-resin complex (filling factor 90wt%) is used as package material of IC. It is before and after wearing of the wave absorber of this invention, and drawing 6 measures the radiated noise from IC using a loop antenna and a spectrum analyzer, it is before and after wearing of a wave absorber, and compares the result. Drawing 7 deducts the level after wearing from the level before wave absorber wearing, and calculates the net amount of wave absorption.

[0044]A radiated noise decreases by equipping with a wave absorber so that drawing 6 may show. In this case, when the iron nitride which has resonant frequency in 5 GHz is used, as shown in drawing 7, the magnitude of attenuation of 5-10 dB can be obtained centering on this frequency band. The energy of the decreased electromagnetic waves is transformed into thermal energy according to the above-mentioned formula (2) in a wave absorber.

[0045]The magnetic substance particles of this invention may be good also considering all as iron nitride, or may be the mixtures of iron nitride and other magnetic bodies.

[0046]

[Effect of the Invention]By using the iron nitride ( $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ ) which has the highest saturation magnetization among the magnetic body known now in this invention as magnetic substance particles of wave absorption material, as explained above, The high amplitude permeability in high frequency is obtained, and a good wave absorption operation in the high frequency band up to about 10 GHz is attained. As a result, EMI from electronic equipment is controlled in a large frequency band including a high frequency band, it comes to be able to perform preventing malfunction of apparatus easily, and a small thin wave absorber can be realized. In this case, most parts for which the EMI measure required of usual electronic equipment is needed can be covered by making shape of a wave absorber into a sheet shaped, paste state, or film state.

[0047]Since the composition raw materials of magnetic substance particles are Fe and N, reduction of material cost is attained. In the amount of wave absorption, it is the same as the former, then reduction of the amount of the wave absorber used is attained.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The figure showing the limit of the amplitude permeability of a ferrite.

[Drawing 2]The figure for explaining the relation of the limit of saturation magnetization and amplitude permeability.

[Drawing 3]The shape explanatory view of magnetic substance particles.

[Drawing 4]The explanatory view of an embodiment of the invention.

[Drawing 5]The graph of the amplitude permeability characteristic of the wave absorber using iron nitride.

[Drawing 6]The graph which shows the noise reduction effect of the wave absorber of this invention.

[Drawing 7]The graph which shows the noise absorbed amount of the graph of drawing 6.

[Description of Notations]

1: A substrate, 2:IC part article, 3:lead terminal, 4:wave absorber, 5 : case

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-53487  
(P2001-53487A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テーム(参考)     |
|--------------------------|------|---------------|-------------|
| H 0 5 K 9/00             |      | H 0 5 K 9/00  | M 5 E 3 2 1 |
| H 0 1 Q 17/00            |      | H 0 1 Q 17/00 | 5 J 0 2 0   |

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平11-230373

(22)出願日 平成11年8月17日(1999.8.17)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 岡山 克巳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

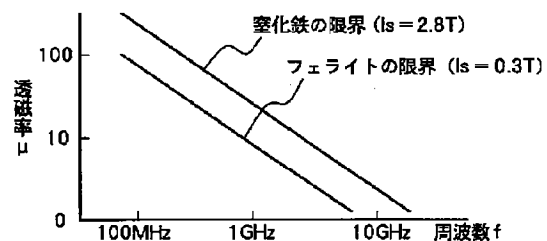
Fターム(参考) 5E321 AA21 AA22 BB32 CC16 GG11  
5J020 BD02 EA02 EA04 EA10

(54)【発明の名称】 電波吸収体

(57)【要約】

【課題】 電波吸収材料である磁性体粒子の飽和磁化を高くして高周波数帯域において高い透磁率を実現し電波吸収能力を高めた電波吸収体を提供する。

【解決手段】 磁性体粒子と結合材料との混合体からなる電波吸収体において、前記磁性体粒子として窒化鉄を用いた。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁性体粒子と結合材料との混合体からなる電波吸収体において、前記磁性体粒子は窒化鉄を含むことを特徴とする電波吸収体。

【請求項2】前記結合材料は、樹脂材料からなることを特徴とする請求項1に記載の電波吸収体。

【請求項3】前記混合体は、ペースト状、シート状またはフィルム状に形成されたことを特徴とする請求項1に記載の電波吸収体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電波吸収体に関する。より詳しくは、磁性体粒子と結合材料との混合体からなる電波吸収体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】電子機器あるいは通信機器等において、IC等からの不要輻射を抑えたり、外乱となる外部からの電波や内部から漏洩する電波等を吸収してノイズや電波障害を防止し安定した機能を図るためのEMI (Electromagnetic Interference) 対策として電波吸収体が用いられている。

【0003】このような電波吸収体は、磁性体粉末粒子とこれを分散して結合する有機結合材等の媒体との混合体からなり、この混合体により電子部品等の電磁波を放射する部分を覆って電磁干渉の防止を図る。このような電波吸収体の電波吸収材料を構成する磁性体粒子としては、従来、飽和磁化0.3～1.0T程度のMnZnフェライトやNiZnフェライト、あるいはFeSi又はFeSiAl系の扁平金属軟磁性粒子が用いられていた。

【0004】このような電波吸収材料として用いられているスピネル型フェライトや六方晶フェライトあるいは金属扁平粒子等は、いずれも軟磁性体であり、磁気損失によるエネルギー吸収を利用してEMI対策のノイズ抑制体や、テレビ等の通信機器のゴースト対策のための電磁波吸収体を構成している。

【0005】このような用途における磁性体の飽和磁化の値は、スピネル型フェライトでは0.3～0.5T、金属磁性体では1T程度であった。飽和磁化が高いほど、回転磁化の共鳴が高い周波数で起こるため、高透磁率、高周波数の電波吸収体を得られる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の電波吸収体では、飽和磁化が1T程度あるいはそれ以下であり、2Tを越えるような高い飽和磁化をもつ電波吸収体は開発されていない。したがって、GHz帯域等の高周波数では高い透磁率が得られず、吸収能力を高めようとするれば吸収体の厚さを厚くしなければならず薄型でコンパクトな電波吸収体構造が得られなかった。

【0007】本発明は上記従来技術を考慮したものであって、電波吸収材料である磁性体粒子の飽和磁化を高くして高周波数帯域において高い透磁率を実現し電波吸収能力を高めた電波吸収体の提供を目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明では、磁性体粒子と結合材料との混合体からなる電波吸収体において、前記磁性体粒子は窒化鉄を含むことを特徴とする電波吸収体を提供する。

10 【0009】この構成によれば、磁性体中最も高い飽和磁化を有する窒化鉄(Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub>)を用いることにより、高周波数での高い透磁率が得られ、10GHz程度までの高い周波数帯域での良好な電波吸収作用が達成される。なお、結合材料は、磁性体粒子を分散させるとともに結合して保持するための各種媒体である。

【0010】好ましい構成例では、前記結合材料は、樹脂材料からなることを特徴としている。

20 【0011】この構成によれば、樹脂材料の選定や混合割合の調整等により容易に磁性体粒子を均一に分散させ各種の形状や状態の混合体を形成することができ、電波吸収体としての使用性が高められる。

【0012】さらに好ましい構成例では、前記混合体は、ペースト状、シート状またはフィルム状に形成されたことを特徴としている。

【0013】この構成によれば、ペースト状の混合体をIC等に塗布したり、シート状またはフィルム状の混合体でICや回路パターン等を覆うことにより、各種形状や大きさの電子部品等の対象物に対し適用可能になる。

30 【0014】前記目的を達成する本発明の原理について以下に説明する。一般に磁性体に高周波磁界を印加すると、磁壁の移動あるいは回転磁化といった磁化機構により、磁性体が磁化される。このとき、磁化されやすさを示す透磁率μは次の式(1)で表わされる。

## 【0015】

【数1】

$$\mu = \mu' - j \cdot \mu'' \quad \text{---- (1)}$$

【0016】ここで、μ'は透磁率の実部であり、外部磁界に追従できる成分を表わす。一方、μ''は透磁率の虚部であり、外部磁界に追従できず、位相が90度遅れた成分を表わし、透磁率の損失項と呼ばれている。

【0017】磁性体において電波エネルギーの吸収は次の式(2)によって表わされる。

## 【0018】

【数2】

$$P = \frac{1}{2} \omega \mu_0 \mu'' |H|^2 \quad \text{---- (2)}$$

【0019】ただし、P；電波吸収エネルギー、ω；角周波数、μ<sub>0</sub>；真空の透磁率、H；磁界強度である。

50 【0020】式(2)において、吸収エネルギーPが最

も大きくなるときは、透磁率の損失項である $\mu''$ が最大になるときである。

【0021】透磁率の実部と虚部との間には密接な関係があり、透磁率の実部が大きい材料ほど虚部も大きくなる。磁性材料に高周波磁界を印加して磁化する場合、透磁率は自由に大きな値を取ることはできず、高周波数になると透磁率が低下することが知られている。これは、フェライトにおいては、スネークの限界と呼ばれる以下の式(3)で示される透磁率の限界法則のためである。

【0022】

【数3】

$$f_r(\mu'-1) = \frac{\gamma}{3\pi\mu_0} I_s \quad \text{---- (3)}$$

【0023】ただし、 $f_r$ ；共鳴周波数、 $\mu'$ ；透磁率の実部、 $\gamma$ ；ジャイロ磁気定数、 $\mu_0$ ；真空の透磁率、 $I_s$ ；飽和磁化である。

【0024】また、面内磁気異性を有する磁性体（例えば六方晶系のYおよびZ型フェライト）に対しては、透磁率の限界は以下の式(4)で表わされる。

【0025】

【数4】

$$f_r(\mu'-1) = \frac{\gamma \cdot I_s}{3\pi\mu_0} \sqrt{\frac{H_{A2}}{H_{A1}}} \quad \text{---- (4)}$$

【0026】ただし、 $H_{A1}$ ；面内での異方性、 $H_{A2}$ ；面内からC軸方向（面直方向）への異方性である。

【0027】式(3)および(4)から分るように、透磁率には限界則があり、高い周波数では透磁率が低下して吸収特性を示さなくなる。この様子を図1に示す。

【0028】図1は、フェライトにおけるスネークの限界を示す。図示したように、フェライトi〜iiiのいずれにおいても、透磁率特性曲線はスネークの限界ラインより右側（高周波数側）には表われず、フェライトの透磁率はこの限界ラインを越えることはない。

【0029】しかしながら、式(3)および(4)の右辺に着目すると、飽和磁化 $I_s$ が高いと、 $f_r(\mu'-1)$ の項が大きくなることが分る。これは、図1に示した限界ラインが高周波側（右側）に移行することを示す。つまり、より高い周波数で高い透磁率を示すことになる。

【0030】図2は、フェライトおよび窒化鉄の使用限界を比較した図である。この図は、上記式(3)において、フェライトの飽和磁化を0.3Tとし、窒化鉄の飽和磁化を2.8Tとして計算して図示したものである。このように、飽和磁化を高くすることにより、高周波数まで使用でき、しかも高い磁気損失が得られ吸収エネルギーが大きくなる。

【0031】本発明は、この点に着目して、現在知られている磁性体の中で最も高い飽和磁化2.8Tを有する

窒化鉄( $\text{Fe}_3\text{N}_2$ 化合物)を電波吸収体の磁性体粒子として用いたものである。

【0032】

【発明の実施の形態】まず、 $\text{Fe}_3\text{N}_2$ の作製方法およびその基礎的性質について説明する。 $\text{Fe}_3\text{N}_2$ は、薄膜プロセスにより作製される。この薄膜プロセスは、真空蒸着、スパッタ、CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学気相成長)、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシャル成長)等の方法である。この場合、マスクを用いて、扁平あるいは円盤状の微粒子を得ることができる。ここで、扁平状の微粒子では、前述の式(3)が適用できる。また円盤状の微粒子では、面内異方性が実現できるため、前述の式(4)が適用できる。円盤状の場合、アスペクト比（直径を厚さで除した値）は、マスクおよび成膜条件を変えることにより、5〜100程度の間で任意に制御できる。なお、磁性体の厚さは、金属軟磁性体であることから表皮深さ以下が望ましい。図3はこのような方法で作製した $\text{Fe}_3\text{N}_2$ の円盤状粒子の概略図である。

【0033】 $\text{Fe}_3\text{N}_2$ は、飽和磁化2.8Tを有し、現在知られている磁性体の中で最も飽和磁化の高い化合物である。したがって、前述の式(3)あるいは式(4)のどちらに従うとしても、最も高い透磁率および周波数特性が得られると考えられる。また、 $\mu''$ の値としても、同じ周波数で比較すると、フェライト（飽和磁化約0.3T）の5〜10倍程度の高い値が得られ、電波吸収量が増加するものと考えられる。

【0034】次に、 $\text{Fe}_3\text{N}_2$ 樹脂複合体の作製方法について説明する。前述の薄膜プロセスで作製した扁平あるいは円盤状の $\text{Fe}_3\text{N}_2$ 微粒子を、エポキシ樹脂あるいはフェノール樹脂等を結合媒体として重量比50〜90wt%で混合し、ペースト状とする。また、結合媒体としてクロロプレンゴムやシリコンゴム等を用いてもよい。このとき、カップリング剤を用いることにより、充填率を増加させ、粒子の凝集が防止されるため均一な分散状態が得られる。

【0035】ICモジュールにするときは、基板にマスクを用いてスクリーン印刷をし、100〜300℃程度（樹脂により異なる）でキュアすることによって所望の複合体（混合体）となる。

【0036】また、電波吸収部品とするときには、粉末状のエポキシ樹脂等と重量比50〜90wt%で混合して、少量のバインダー、例えば公知のポリビニルアルコール等を添加して粉末試料を得る。これを所定の形状に圧粉成形後100〜300℃程度（樹脂により異なる）でキュアすることによって所望の部品を得ることができる。なお、窒化鉄の充填率が増加するにつれて透磁率も増加する。

【0037】塗料タイプの電波吸収体とするときには、媒体中にカップリング剤を用いて均一に分散させる。媒

10

20

30

40

50

体としては、公知の有機溶媒を用いる。この電波吸収体は、複雑な形状の部位例えば筐体の裏面に薄く均一に塗布することが可能であり、磁気損失が大きいため、高周波磁界を容易に減衰させてEMI抑制に優れた効果を示す。

【0038】図4は、本発明の実施の形態に係る電波吸収体の使用例の図である。図4(A)は、基板1上に実装したIC部品2の上面にシート状の電波吸収体4を貼付したものである。この場合の電波吸収体4は、本発明の $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ 粒子と前記樹脂等の結合媒体との混合体をシート状に形成して、これをIC部品形状に合わせて切断して貼付するものである。

【0039】図4(B)は、ペースト状の電波吸収体4により、基板1上に実装したIC部品2をそのリード端子3を含めて覆ったものである。図4(C)は、IC部品2より十分大きい形状のブロック状の電波吸収体4により、IC部品2全体を被せるように覆ったものである。図4(D)は、電子部品(図示しない)を収容する筐体5のケーブル6の貫通部に電波吸収体4を装着したものである。この場合、形状保持性の高いセラミクスを磁性体粒子の結合媒体として用いてもよい。

【0040】その他の実施形態として、フィルム状(又はペースト状)の電波吸収体を形成して基板の配線パターンを覆うように貼付(又は塗布)してもよい。また、多層プリント板の各層を接合する接着材として、電波吸収体を用いてもよい。この場合、粘着性のある樹脂を結合媒体としてこれに $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ 粒子を混合して電波吸収体を形成する。

【0041】さらに、建物等の外壁に電波吸収体を設けその外面に金属反射板を設けて、内部からの不要放射電波を効果的に吸収させてもよい。この場合、吸収すべき電波の周波数に合わせて電波吸収体の厚さ等を設定することにより、インピーダンス整合型電波吸収体を構成することもできる。これにより、通信施設等の建物の電波障害を効果的に防止することができる。

【0042】図5は、本発明の電波吸収体を構成する窒化鉄の透磁率 $\mu$ の周波数依存性を示す図である。前述のように透磁率 $\mu$ は実部 $\mu'$ と虚部 $\mu''$ の組合せからなり、 $\mu = \mu' - j\mu''$ で表わされる。図5の例は、エポキシ樹脂との複合体であり、充填率は90wt%である。図では、共鳴周波数 $f_r$ が約5GHzであるが、この共鳴周波数 $f_r$ は、樹脂の組成や熱処理条件あるいは $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ 粒子の形状やアスペクト比等を変えることにより、数百MHzから10GHz近傍まで自由に調整可能である。比較のために、現在スネークの限界を越える高周波数特性をもつプレナ型フェライトの共鳴周波数を示すと、 $\text{Co}_3\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_{11}$ 組成の $\text{Co}_2$ -Z型フェライトでは共鳴周波数は3.7GHzであり、 $\text{Mg}_2\text{Ba}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{24}$ 組成の $\text{Mg}_2$ -Y型フェライトでは共鳴周波数は2.0GHzである。磁性体粒子として窒化鉄を用

いた場合にはこれらを上回る共鳴周波数を得ることが可能である。

【0043】図6及び図7は、ICのパッケージ材として窒化鉄-樹脂複合体(充填率90wt%)を用いたときのEMI抑制効果を示すグラフである。図6は、本発明の電波吸収体の装着前後で、ICからの放射ノイズをループアンテナとスペクトルアナライザを用いて測定し、その結果を、電波吸収体の装着前後で比較したものである。また、図7は、電波吸収体装着前のレベルから装着後のレベルを差引いて、正味の電波吸収量を求めたものである。

【0044】図6から分るように、電波吸収体を装着することにより、放射ノイズが減少する。この場合、5GHzに共鳴周波数をもつ窒化鉄を用いた場合、図7に示すように、この周波数帯域を中心に5~10dBの減衰量を得ることができる。減衰した電磁波のエネルギーは、電波吸収体中で前述の式(2)にしたがって熱エネルギーに変換される。

【0045】なお、本発明の磁性体粒子は全てを窒化鉄としてもよいし、あるいは窒化鉄と他の磁性体との混合体であってもよい。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、現在知られている磁性体中最も高い飽和磁化を有する窒化鉄( $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ )を電波吸収材料の磁性体粒子として用いることにより、高周波数での高い透磁率が得られ、10GHz程度までの高い周波数帯域での良好な電波吸収作用が達成される。この結果、高周波帯域を含む広い周波数帯域で電子機器からのEMIを抑制し、機器の誤動作を防止することが容易にできるようになり、小型で薄型の電波吸収体を実現することができる。この場合、電波吸収体の形状をシート状やペースト状あるいはフィルム状とすることにより、通常の電子機器に要求されるEMI対策が必要とされる部位のほとんどをカバーすることができる。

【0047】また、磁性体粒子の構成原料がFeとNであるため、材料コストの低減が可能になる。また、電波吸収量を従来と同じとすれば、電波吸収体の使用量の削減が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 フェライトの透磁率の限界を示す図。

【図2】 飽和磁化と透磁率の限界の関係を説明するための図。

【図3】 磁性体粒子の形状説明図。

【図4】 本発明の実施の形態の説明図。

【図5】 窒化鉄を用いた電波吸収体の透磁率特性のグラフ。

【図6】 本発明の電波吸収体のノイズ低減効果を示すグラフ。

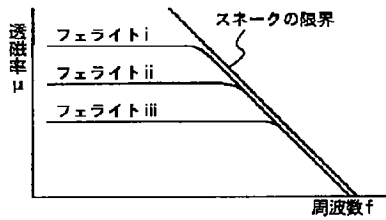
【図7】 図6のグラフのノイズ吸収量を示すグラフ。

【符号の説明】

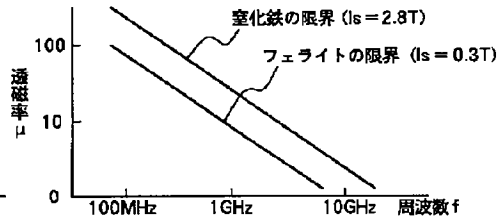
\* 収体、5：筐体

1：基板、2：IC部品、3：リード端子、4：電波吸\*

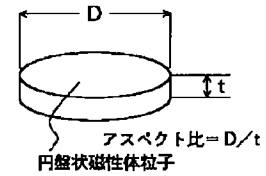
【図1】



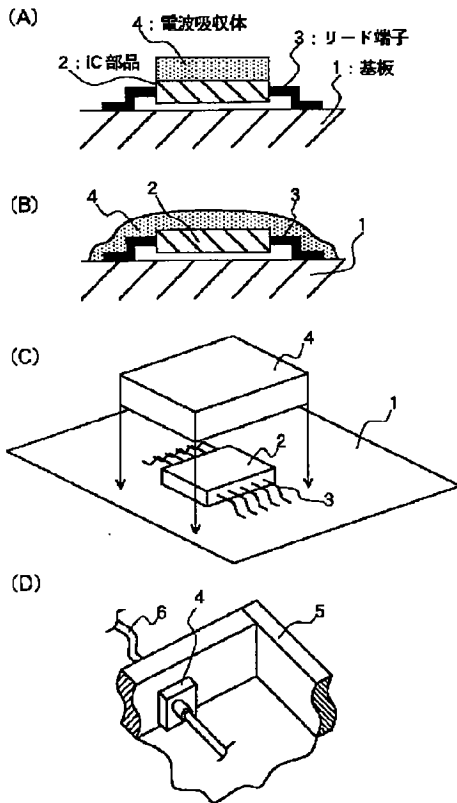
【図2】



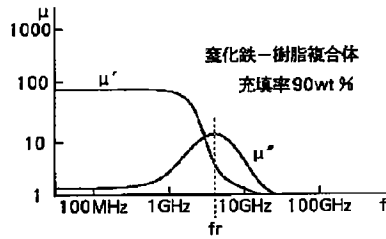
【図3】



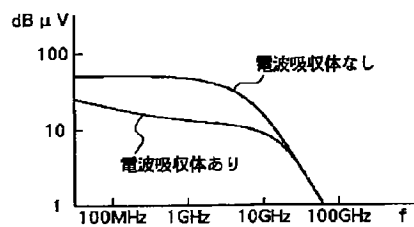
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

